

**ACİL DURUM TAHLİYE FONKSİYONLARININ PATHFINDER SİMÜLASYON
PROGRAMI İLE İNCELENMESİ**
ANALYSIS OF EMERGENCY EVACUATION FUNCTIONS USING THE PATHFINDER
SIMULATION PROGRAM

Onur ÖZBAY

Doç.Dr., ADAFED – Adana Afet Farkındalık ve Eğitim Derneği Başkanı,
e-mail: dronurozbay@gmail.com ORCID: 0000-0001-8426-7105

Tahsin Aykan Kepekli

Doktor Öğretim Üyesi , Yeni Yüzyıl Üniversitesi, e-mail: tahsinaykan.kepekli@yeniuyuzyl.edu.tr
ORCID: 0000-0002-1499-4232

Özet

Bu çalışmada, eğitim binalarında meydana gelebilecek acil durumlar sırasında tahliye süreçlerinin etkinliği analiz edilmiştir. Pathfinder Simülasyon Programı kullanılarak gerçekleştirilen simülasyonlarla tahliye sürelerini etkileyen faktörler belirlenmiş, farklı öğrenci sayıları ve bina koşulları altında tahliye performansı detaylı olarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, tahliye süresine etki eden başlıca değişkenler; öğrenci sayısındaki artış, çıkış kapılarının konumu ve sayısı, kat yüksekliği, akış yoğunluğu ve bina tasarımı açısından ele alınmıştır. Simülasyon sonuçları doğrultusunda, elde edilen veriler ışığında tahliye süresini tahmin edebilecek matematiksel modeller geliştirilmiş ve simülasyon verileriyle karşılaştırılarak hata payları analiz edilmiştir. Çalışmanın temel bulguları, tek bir acil çıkış kapısına sahip binalarda tahliye süresinin önemli ölçüde uzadığını ve ek bir yangın merdiveni inşa edilmesi durumunda toplam tahliye süresinin %24 oranında azaltılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, bina içindeki kişi yoğunluğunun belirli noktalarda tıkanmalara yol açarak tahliye sürecini olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen matematiksel model, simülasyon programlarına erişimi olmayan araştırmacılar için güvenilir ve alternatif bir yöntem sunmaktadır. Sonuçlar, eğitim yapılarında acil durum tahliye stratejilerinin geliştirilmesi ve güvenli tahliye planlarının optimize edilmesi açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Acil Durum Tahliyesi, Pathfinder Simülasyonu, Tahliye Süresi, Afet Yönetimi, Tahliye Planlaması, Akış Yoğunluğu, Matematiksel Modelleme.

Abstract

This study analyzes the effectiveness of evacuation processes during emergency situations in educational buildings. By utilizing the Pathfinder Simulation Program, simulations were conducted to identify factors influencing evacuation times, and evacuation performance was thoroughly evaluated under different student numbers and building conditions. The key variables affecting evacuation time, such as increased student population, the location and number of exit doors, floor height, flow density, and building design, were examined. Based on the simulation results, mathematical models were developed to predict evacuation time and were compared with simulation data to analyze error margins. The main findings of the study indicate that evacuation times significantly increase in buildings with a single emergency exit and that adding a fire escape could reduce the total evacuation time by 24%. Additionally, high occupant density within the building was found to cause congestion at certain points, negatively affecting the evacuation process. The mathematical model developed in this study provides a reliable alternative for researchers without access to simulation software. The results contribute significantly to improving emergency evacuation strategies in educational buildings and optimizing safe evacuation plans.

Keywords: Emergency Evacuation, Pathfinder Simulation, Evacuation Time, Disaster Management, Evacuation Planning, Flow Density, Mathematical Modeling.

Giriş

Tüm yapılarda acil durum anında tahliyelerin güvenli yapılması önem arz etmekte olup, eğitim binaları diğer yapılarla kıyaslandığı zaman acil durum tahliyeleri sırasında farklı bir öneme sahip olmaktadır. Anaokulu, ilköğretim okulu ve orta öğretim okulu öğrencileri yaşlarından dolayı, acil durumlarla karşılaştıkları anda gerek genç yaşta olmalarından gerekse de daha önce bu konuda tecrübe eksikliğinden dolayı acil durum anında doğru davranış sergileme özellikleri yetişkinlerden daha düşüktür.

Bu çalışmada bütünsel bakış açısıyla acil durumların aslında afet yönetiminin de fonksiyonları arasında yer aldığı için tahliye planları da değerlendirilecektir. Aslına uygun kat planları ve gerçek kişi sayıları dikkate alınarak çalışmalar gerçekleştirilecektir. Simülasyon programı verileri dikkate alınarak muhtemel iyileştirme önerilerinde bulunulacaktır.

Birçok simülasyon verileri incelenerek matematiksel veri oluşturulacak ve bu veriyle de benzer nitelikli binalarda tahliye süreleri simülasyon verileriyle kıyaslandığında en doğru sonuca ulaşılmış olacaktır.

1. Çalışmanın Yapıldığı Yer

Bu çalışma Pelitli, 41400 Gebze/Kocaeli adresinde bulunan Pelitli Halil Çelik Ortaokulu binasında gerçekleştirilmiştir.

2.1 Okul Binası ile İlgili Bilgiler

Çalışmanın yapıldığı bina 2 katlıdır. Pathfinder Tahliye Simülasyon programı kullanılarak Pelitli Halil Çelik Ortaokulu tahliye performansları incelenmiş, geliştirilmesi gereken noktalar tespit edilmiştir. Giriş katta öğretmenler odası ve müdür yardımcısı odası yer almakta iken 2. Katta ise müdür odası bulunmaktadır. Acil çıkış kapısı binanın giriş kapısı olup farklı bir acil çıkış güzergâhı bulunmamaktadır. Binayı 5.6.7. ve 8. Sınıf öğrencileri kullanmaktadır.

- Öğrenci cinsiyet E: 75 K: 64
- Öğretmen cinsiyet E:9 K: 4
- Kat yüksekliği: 295 CM
- Koridor uzunluğu:1780
- Koridor genişliği 268
- Basamak sayısı: 20+20



Resim 1: Okulun Genel Görünümü



Sekil 1: Okulda Bulunan Zemin Kat Kat Planı



Sekil 2: Okulda Bulunan 1. Kat Kat Planı



Sekil 3: Okulda Bulunan 2. Kat Kat Planı

2. TEMEL KAVRAMLAR VE PATHFİNDER TAHLİYE SİMÜLASYON PROGRAMI

Yaşanan acil durum anında doğru davranış şekillerinin çerçevesini belirleyen, iletişimi açıklayan, müdahale yöntemleri hakkında detay veri içeren plana acil durum planı denmektedir. (Karasakal,2018).

Yine aynı tanım Kaçmaz tarafında; İnsanların günlük aktiviteleri sırasında karşılaştıkları yaralanma, can ve mal kayıpları gibi istenmeyen ve aniden gerçekleşen olaylara acil durum denilmektedir (Kaçmaz, 2014) şeklinde ifade edilmektedir.

Acil durum sırasında tahliyenin gerçekleşmesi en önemli unsurdur. Tahliye kelime anlamı olarak boş durumu yaratmak olup, acil durum esnasında hemen uzaklaşılması gerektiğini belirtmektedir. (Açıklamalı afet yönetimi terimleri sözlüğü,2019). Afetler insanları her alanda olumsuz etkilemektedir. (Abulnour, 2014). Prendke' göre tahliye; “canlıların tehlikeli bir alandan, güvenli bir alana organize olarak taşınması” (Müller G, 1998) olarak tanımlanmaktadır. Tehlike ile ifade edilmek istenen yaşamın ve bütünlüğünün, eşyaların ve doğanın etkilenmesidir. Güvenli alan ise tehlike kaynaklarından uzak alandır. (Prendke ve Schröder, 2005)

Bina tahliyesi insanların çabalarıyla gerçekleşmektedir. Bu sebeple, insan performansının neden olabileceği olumsuzluklar olabilir. Bilhassa yangın sırasında insan hareketleri değişkenlik gösterebilir. Olumsuz tecrübeler insan davranışlarını en çok belirleyen etmenlerdir. (Sieber, 1986). Yapılan araştırmalarda yangın sırasında insanların yalnızca %10-15' lik bir bölümü doğru davranış sergilemektedir. %70' lik bir kısmı ise yangının ilk şok edici dalgasından etkilenmesine karşın, hızlıca toparlanıp sürece pozitif katkı sunmaktadır. Diğer %10-15'lik oran ise davranışları tahmin edilemeyen grubu temsil etmektedir. (Ploog ve Clausen, 1997; Mark, 2001).

Birtakım araştırmacılar ise yangın sırasında paniğe kapılma davranışının çok az görüldüğünü ifade etmişlerdir. (Raphael, B. 2005) Önemli araştırmalarda kişilerin paniğe kapılması, grup hareketlerinin kontrolsüz ilerlemesine sebep olabilmektedir. (Kelley, H. H, Condry, J. C. Jr., Dahlke, A. E & Hill, A. H., 1965)

Ortak yaşam süren toplumlarda yardımlaşma çok önemli olup, tahliye anındaki davranışların diğer toplumlara göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. (Schäfer ve ark.).

Risk; Afet anında oluşan hasara bağlı olarak oluşabilecek zarar ihtimalidir. (Taştan ve Aydınoglu, 2015). Farklı bir yaklaşımla, risk “bir durumun neden olabileceği arzulanmayan neticelerin tamamıdır.” (Değerliuyurt, 2013). Afet riski, tehlike, zarar görülebilirlik ve maruziyetin kesişimidir. Ancak tehlikelerin tam anlamıyla önlenmesine olanak bulunmayan durumlarda zarar görülebilirlik ve maruziyetin azaltılmasına dair aksiyonların alınması gerekmektedir. (Deniz, 2012).

Türkiye deprem oluşturma kabiliyeti çok fazla olan plakaların birleşim noktalarında yer almasına karşın değişik tür ve ölçekte birçok afet tarafından da etkilenmektedir. Meteorolojik afetlerden; sel, kuraklık, heyelan, çığ, doğal afetler ise deprem, sel, kasırga ve hortumlardır. (Çelik, Usta, Yılmaz & Yakupoğlu,2020). Teknolojik afetler ise Siber saldırı, radyasyon, zehirlenme, radyasyon. (Çelik vd.,2020).

Kaçış güzergâhı, binanın herhangi bir bölgesinden zemin mesafesindeki alana kadar sürekli ve engelsiz güzergâhtır. Asansörler kaçış yolu değildir. (Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik -(09/07/2015)-29411, 2015.)

Kişilerin hareket alanlarına dair yapılan araştırmalarda;

- Caddede bulunan yaya kişilerin hareket analizlerinin yapılması (Predtechenskii V. M., Milinskii A. I., 1978)
- Değişken vücut ölçülerinde ki kişilerin hareket hızı analizlerinin yapılması (Kendik E., 1983.), (Fahy, R.F., 1994.), (Thompson P, Marchant E. 1995), (Ando K., Ota H., Oki T., 1988)
- Optik yoğunluğunun kişilerin hareket hızı üzerindeki etkileri incelenmesi gerekmektedir. (Shi L., Xie Q., Cheng X., Chen L., Zhou Y., Zhang R., 2009.)

Dünyada 31 farklı doğal afet yaşanmakta olup, bu afetlerin 28'i meteorolojik afetlerdir. Doğal afetlerin türleri ve önemleri ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. (<https://www.afad.gov.tr/afet-turleri>)

Türkiye'de afet eğitim sürecinde 2005 yılına kadar yalnızca afetten korunma yöntemleri öğretilirken, 2005 yılında ilköğretim müfredatına ilave edilmiştir. Disiplinler arası uygulamalar, öğrencilerin dersle yaşam arasında bağlantı kurmasına yardımcı olmaktadır. Afet ve acil durum eğitimi konuları, Afetlerden Korunma ve Güvenli Yaşam adı verilen bir ara disiplin olarak ilköğretim müfredatında bulunmaktadır. (Öcal ve ark, 2016)

Tahliye konusunda geliştirilmiş olan simülasyonların esas amacı binanın güvenli tahliyesi konusunda araştırma yapan kişi ya da kişilere nitelikli bilgi sağlayabilmektedir. (Drager K. H. ve Lovas G. G., 1993)

Bu çalışma için Pathfinder Simülasyon Programından istifade edilmiştir. Program 3 boyutlu görselleri animasyon ile zenginleştirerek kullanım imkânı sunmaktadır. Gerçek ölçülerle birebir aynı oluşturulan modellemeye kullanılan tüm bölümler, çıkış kapılar, sınıf kapıları işlenmiş ve güzergâh oluşturulmuştur. (Thunderhead engineering,2020).

AutoCAD formatlı DWG dosyaları Pathfinder simülasyon programına aktarılabilir. Son zamanlarda ki bilimsel çalışmalarda bu simülasyon modeline sıklıkla başvurulmuştur. (Topraklı, Sedihemaiti & Ağraz,2019).



Şekil 4: Flow Chart

Bulgular**4.1 Tahliye Simülasyon Model 1 Bulguları**

KATLAR	KİŞİ SAYISI	TAHLİYE SÜRESİ (Sn.)
2. Kat	1	38
2.Kat	10	42.8
2.Kat	20	50.3
2.Kat	30	60.5
2.Kat	40	63.3
2.Kat	50	69.3
1 ve 2. Kat	60	74.8
1 ve 2. Kat	70	75
1 ve 2. Kat	80	77
1 ve 2. Kat	90	79.3
1 ve 2. Kat	100	85.3
1 ve 2. Kat	110	88.8
1, 2 ve zemin Kat	120	89
1, 2 ve zemin Kat	130	89
1, 2 ve zemin Kat	140	89
1, 2 ve zemin Kat	150	90.3

Tablo 1. Kullanıcı Sayısına Bağlı Tahliye Süreleri

Programda öğrenci sayıları 10'ar kişi arttırılarak simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayı yapmanın amacı 10'ar kişi arttırılarak programda simüle edilen öğrenci sayılarının 2. Katta ve çıkışa en uzak sınıfta bulunan öğrencinin (a öğrenci olarak anılacaktır) tahliye süresi üzerinde ki etkisini tespit etmektir. Simülasyonda diğer öğrenci ve öğretmenler sabit tutularak sadece a öğrencinin tahliyesi gerçekleştirilmiş ve tahliye süresi 38 sn. olarak tespit edilmiştir. Öğrenci sayıları kademeli olarak 10'ar kişi arttırılmış, okulun tamamı kademeli olarak tahliye edilmiştir.

Simülasyon sonunda programdan elde edilen veriler incelendiğinde artan her 10 kişi a öğrencinin tahliye süresini ortalamada 3,5 sn geciktirdiği tespit edilmiştir.

4.2 Tahliye Simülasyon Model 2 Bulguları

KATLAR	KİŞİ SAYISI	TAHLİYE SÜRESİ (Sn.)	FORMÜLLE HESAP	HATA (Tahliye Süresi Formülle Hesap)	YÜZDELİK HATA
2.Kat	1	38	38	0	0%

2. Kat	10	42.8	41.5	1.3	3%
2. Kat	20	50.3	45	5.3	11%
2. Kat	30	60.5	48.5	12	20%
2. Kat	40	63.3	52	11.3	18%
2. Kat	50	69.3	55.5	13.8	20%
1 ve 2. Kat	60	74.8	59	15.8	21%
1 ve 2. Kat	70	75	62.5	12.5	17%
1 ve 2. Kat	80	77	66	11	14%
1 ve 2. Kat	90	79.3	69.5	9.8	12%
1 ve 2. Kat	100	85.3	73	12.3	14%
1 ve 2. Kat	110	88.8	76.5	12.3	14%
1, 2 ve zemin Kat	120	89	80	9	10%
1, 2 ve zemin Kat	130	89	83.5	5.5	6%
1, 2 ve zemin Kat	140	89	87	2	2%
1, 2 ve zemin Kat	150	90.3	90.5	-0.2	0%
Toplam				8.4	11%

Tablo 2. Program Verileri İle Matematiksel Model Verileri Karşılaştırılması 1

Simülasyon programının teminin zor olması, programı kullanmak için belirli teknik yatkınlıklar ve bilgi gerekmesi, lisanslı sürümünün pahalı olması sebeplerinden dolayı birçok firma tarafından tercih edilememektedir. Programın etkin kullanılamaması sebebiyle elde edilen veriler ışığında aşağıda ki matematiksel bağıntı geliştirilmiş olup farklı senaryolarla hata payları incelenmiştir.

a öğrencinin tahliyesi için geçen süreyi belirleyebilmek için hız denkleminde de faydalanılmıştır.

X: Yol

V: Hız

T: Zaman

$X = V \times T$ bağıntısından hareketle,

a öğrencinin binayı tahliye edebilmesi için gereken gerçek ölçülmüş fiziki mesafe 45 m dir.

Öğrenci hızları Partfinder Simülasyon Programında da 1,19 m/sn olarak alınmıştır.

Elde edilen veriler $X = V \times T$ bağıntısında yerlerine yazıldığında

$45 = 1,19 \times T$, $T = 38$ sn olarak bulunmaktadır.

Programda diğer faktörlerin tamamı izole edilip aynı öğrenci için tahliye senaryosu çalıştırıldığında yine tahliye süresi 38 sn olarak elde edilmiştir. (Bkz. Tablo 1) Partfinder Simülasyon Programında artan her 10 öğrenci a öğrencinin tahliye süresini ortalama 3,5 sn geciktirmektedir.

Geliştirilen matematiksel bağıntıda

Tahliye Süresi: $(T = X/V) +$ her 10 öğrenci için + 3,5 sn ilave ile yukarıda ki tabloda 2. Sütünde bulunan tahliye süre verileri elde edilmiştir. Elde edilen veriler program verileri ile (Tablo:2 3.sütun) karşılaştırılmış ve %11 hata payıyla veriler elde edilmiştir.

4.3 Tahliye Simülasyon Model 3 Bulguları

KATLAR	KİŞİ SAYISI	TAHLİYE SÜRESİ (Sn.)	FORMÜLLE HESAP	HATA (Tahliye Süresi Formülle Hesap)	YÜZDELİK HATA
2. Kat	1	38	38	0	0%
2. Kat	10	42.8	42	0.8	2%
2. Kat	20	50.3	46	4.3	9%
2. Kat	30	60.5	50	10.5	17%
2. Kat	40	63.3	54	9.3	15%
2. Kat	50	69.3	58	11.3	16%
1 ve 2. Kat	60	74.8	62	12.8	17%
1 ve 2. Kat	70	75	66	9	12%
1 ve 2. Kat	80	77	70	7	9%
1 ve 2. Kat	90	79.3	74	5.3	7%
1 ve 2. Kat	100	85.3	78	7.3	9%
1 ve 2. Kat	110	88.8	82	6.8	8%
1, 2 ve zemin Kat	120	89	86	3	3%
1, 2 ve zemin Kat	130	89	90	-1	-1%
1, 2 ve zemin Kat	140	89	94	-5	-6%
1, 2 ve zemin Kat	150	90.3	98	-7.7	-9%
Toplam				4.6	7%

Tablo 3. Program Verileri ile Matematiksel Model Verileri Karşılaştırılması 2

Pathfinder Simülasyon Programında artan her 10 öğrenci a öğrencinin tahliye süresini ortalama 3,5 sn geciktirdiği bilgisi elde edilmişti. Bu değer içerisinde akış yoğunluğu da bulunmaktadır. Ancak akış yoğunluğu homojen olmadığı için tahliye süresi tespitinde optimum sonuç elde edebilmek için gecikme katsayısına ilave olarak +0,5 sn. akış yoğunluğu etkisi ilave edilmiştir.

Güncel durumda;

Tahliye Süresi: $(T=X/V)$ + her 10 öğrenci için + 3,5 sn+0,5sn akış yoğunluğu ilave ile yukarıda ki Tabloda 3. Sütünde bulunan tahliye süre verileri elde edilmiştir.

Elde edilen veriler program verileri ile (tablo:3 3.sütun) karşılaştırılmış ve %7 hata payıyla veriler elde edilmiştir.

4.4. Tahliye Simülasyon Model 4 Bulguları

KATLAR	KİŞİ SAYISI	TAHLİYE SÜRESİ (Sn.)	FORMÜLLE HESAP	HATA (Tahliye Süresi Formülle Hesap)	YÜZDELİK HATA
2. Kat	1	38	38	0	0
2. Kat	10	42.8	42.5	0.3	1%
2. Kat	20	50.3	47	3.3	7%
2. Kat	30	60.5	51.5	9	15%
2. Kat	40	63.3	56	7.3	12%
2. Kat	50	69.3	61.5	7.8	11%
1 ve 2. Kat	60	74.8	67	7.8	10%
1 ve 2. Kat	70	75	72.5	2.5	3%
1 ve 2. Kat	80	77	78	-1	-1%
1 ve 2. Kat	90	79.3	83.5	-4.2	-5%
1 ve 2. Kat	100	85.3	90	-4.7	-6%
1 ve 2. Kat	110	88.8	93.5	-4.7	-5%
1, 2 ve zemin Kat	120	89	97	-8	-9%
1, 2 ve zemin Kat	130	89	100.5	-11.5	-13%
1, 2 ve zemin Kat	140	89	104	-15	-17%
1, 2 ve zemin Kat	150	90.3	107.5	-17.2	-19%
Toplam					-1%

Tablo 4. Program Verileri İle Matematiksel Model Verileri Karşılaştırılması 3

En doğru tahliye süresini hesaplamak için yapılan geliştirme çalışmalarında tahliye süresine etki eden akış yoğunluğu parametresi incelenmiş, gerçekte de artan öğrenci sayılarına göre akış yoğunluğunun olumsuz etkilendiği tespit edilmiş. Artan her 50 öğrencide akış yoğunluğuna +1sn yoğunluk artış miktarı hesaplanmıştır.

Güncel durumda;

X: Yol

V: Hız

T: Zaman

β: Efektif etki katsayısı + 3,5 sn. eklenecek

y: Her 50 kişi için akış yoğunluğu +1sn ilave

$X=V \times T$ bağıntısından hareketle,

a öğrencinin binayı tahliye edebilmesi için gereken gerçek ölçülmüş fiziki mesafe 45 m dir.

Öğrenci hızları Partfinder Simülasyon Programında da 1,19 m/sn olarak alınmıştır.

Tahliye Süresi: $(T=X/V) + \beta + y$ (Özbay formülü)

Tablo.4 ki tabloda 4. Sütünde bulunan tahliye süre verileri elde edilmiştir.

Elde edilen veriler program verileri ile (Tablo:4 3.sütun) karşılaştırılmış ve %-1 hata payıyla veriler elde edilmiştir.

Tartışma Ve Sonuç

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı 19111101116 numaralı yüksek lisans öğrencisi Bora ÜREDEN 'in "Simülasyon Modeli Kullanarak Bir Üniversitede Acil Durum Tahliye Planı Oluşturulması" adlı tez çalışmasında ajanların acil çıkış kapılarının yerlerini bilip bilmedikleri, eğitim verilir verilemediği bilgileri ışığında tahliye sürelerindeki değişimler tespit edilmiştir. Bu çalışmada birden fazla senaryoların testi yapılmıştır. Toplam üniversite mevcudunun 1732 kişi olduğu yerleşkede yapılan bu çalışma gerçekçi bir tatbikatta 1732 kişinin bir araya getirilmesi çok zor iken Pathfinder simülasyon programı ile tahliye sürelerinde ki veriler gerçeğe yakın olarak tespit edilmiştir. En iyi sonuç ajanların %70 oranında yönleneceği çıkış kapılarını bildiği, kalan %30' un ise gideceği çıkış kapılarını bilmediği ve rastgele çıkış kapısına yöneldiği senaryo olarak belirlenmiştir. Çıkış merdivenleri ve kapılarda yoğunluğu fark eden kişilerin kendisine yakın ve az yoğun olan başka çıkışa yönleneceği sonucunda en iyi tahliye süresi elde edilmiştir. (Üreden, B. 2021)

Bu çalışmada ise 1 kişi sabit olarak kabul edilmiş ve diğer ajanların bu sabit ajanın tahliyesi üzerindeki etkisi araştırılmış ve buna bağlı olarak ta benzer yapılarda kullanılabilecek matematiksel bağıntı bulunmuştur.

Pathfinder Simülasyon Programı tahliye esnasındaki fonksiyonları göstermek için kullanılan programdır. Özellikle binaların tasarım aşamasında faydalandığında son derece yüksek faydalar sağlamaktadır.

Ancak programın belirli bir çizim algoritmasına sahip olması, lisanslı kullanımının temininin maliyetinin yüksek olması kullanımını zorlaştırmaktadır.

Bu yaklaşımdan yola çıkarak 3 farklı matematiksel modelleme geliştirilmiştir.

1. Tablo 2'de açıklanan modellemede %11 hata payı ile sonuca yaklaşmıştır.
2. Tablo 3'te açıklanan modellemede %7 hata payı ile sonuca yaklaşmıştır.
3. Tablo 4'te açıklanan modellemede %-1 hata payı ile sonuca yaklaşmıştır.

3 farklı hata payı kendi içerisinde incelendiği zaman tek acil çıkış güzergâhı olmasından dolayı tahliye süresine etki eden en önemli etmenlerden birinin akış yoğunluğu olduğu görülmüştür. Tablo 2 de yer alan verilere göre artan her 10 öğrenci a öğrencinin tahliye süresini ortalama 3,5 sn geciktirdiği verisine göre yapılan hesapmada Partfinder Simülasyon Programı ile geliştirilen matematiksel bağıntı arasında %11 hata payı tespit edilmiştir. Pathfinder Simülasyon Programında artan her 10 öğrenci a öğrencinin tahliye süresini ortalama 3,5 sn geciktirdiği bilgisi elde edilmişti. Bu değer içerisinde akış yoğunluğu da bulunmaktadır. Ancak akış yoğunluğu homojen olmadığı için tahliye süresi tespitinde optimum sonuç elde edebilmek için gecikme katsayısına ilave olarak +0,5 sn. akış yoğunluğunun negatif etkisi ilave edilerek geliştirilen 2. matematiksel hesaplamada Partfinder Simülasyon Programı ile geliştirilen matematiksel bağıntı arasında %7 hata payı tespit edilmiş ve sonuçta bir iyileşme olduğu belirlenmiştir. Ancak en doğru tahliye süresini hesaplamak için yapılan geliştirme çalışmalarında tahliye süresine etki eden akış yoğunluğu parametresi tekrar incelenmiş, gerçek tahliyede de artan

öğrenci sayılarına göre akış yoğunluğunun olumsuz etkilendiği tespit edilmiş. Artan her 50 öğrencide akış yoğunluğuna ilave +1sn yoğunluk artış miktarı belirlenmiştir. 3. Matematiksel hesaplamada Pathfinder Simülasyon Programı ile geliştirilen matematiksel bağıntı arasında %-1 hata payı ile program verilerine en yakın matematiksel hesaplama yapılmıştır. Akış yoğunluğunun tahliyenin başından sonuna kadar doğru orantılı olarak artmadığı, özellikle sınıf kapıları, merdivenler gibi giderek öğrenci birikmesinin arttığı yerlerde akış yoğunluğunun azalarak tahliyeyi olumsuz etkilediği görülmüştür.

Acil durum tahliye sürelerine etki eden en önemli olumsuz etken, okulun tek acil çıkış kapısına sahip olmasıdır. Tek acil çıkış kapsı tahliye anında yoğunluğa sebep olduğu için bina tahliye süresi olumsuz etkilenmektedir. Okul binasında yangın merdiveni olsa ve 1.kattaki 7B sınıfı ile 2.kattaki 5B sınıfı binayı yangın merdiveninden tahliye etse toplam tahliye süresi % 24 azalarak 72.3 sn' ye düşecektir.

Yangın merdiveni yapılarına kadar toplam 90.3sn olarak hesaplanan tahliye süresini azaltmak için;

- Yıl içerisinde yapılan acil durum tahliye eğitimleri artırılmalı,
- Acil durum tahliye tatbikat sayısı artırılmalıdır.

Kaynaklar

Drager K. H. ve Lovas G. G., 1993: Objectives of Modelling Evacuation from Buildings during Accidents: Some Path-model Scenarios, Journal of Contingencies and Crisis Management,

Atalay, S, (2010), Acil Durum Hizmet Grupları Verilerinin Standartlaştırılması ve TABİS'e Uygun Hale Getirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Thunderhead Engineering Consultants, Inc. (2019). Erişim Tarihi Mart 2021. <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/pathfinder-features/>

Üreden, B. (2021) Simülasyon Modeli Kullanarak Bir Üniversitede Acil Durum Tahliye Planı Oluşturulması. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Topraklı, A. Sedihemaiti, S. & Ağraz, G . (2019). Osmanlı klasik dönem tipi modern camilerin tahliye problemine ilişkin değerlendirme. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34 (4) , 2261-2270. doi: 10.17341/gazimmfd.490086

Karasakal N.K. (2018). Üniversite öğrencilerinin afet ve acil durum yönetimi konusundaki farkındalıkları: Kandıra myo örneği. *Organizasyon ve yönetim bilimleri dergisi*. Cilt 10, Sayı 1, ISSN: 1309 – 80

Kaçmaz, M. (2014) İlkokul Müdürlerinin Acil Durum Yönetimine İlişkin Görüşleri (Aydın Merkez İlçe Örneği) (Yayınlanmamış Merkez İlçe Örneği) Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Açıklamalı afet yönetimi terimleri sözlüğü (2019). Erişim Tarihi Mart 2021. <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu>

Abulnour, A.H. (2014). Towards efficient disaster Management in Egypt. *HBRC Journal*, 10, 117-126

Değerliyurt, M. (2013), Antakya'da Doğal Afet Risk Analizi ve Yönetimi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul

Deniz, Ş.E. (2012), Antalya İli Afet Riskleri ve Afet Yönetimi Konusu Üzerine Bir Araştırma. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya

Çelik, H.İ., Usta, G., Yılmaz, G. & Yakupoğlu, (2020). M. Türkiye’de yaşanan teknolojik afetler (2000 – 2020) üzerine bir değerlendirme. AÇÜ Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi. Cilt 6; Sayı 2; SS 49-57 doi:10.22466/acusb.776580

Müller, G. (1998) Kriterien für Evakuierungsempfehlungen bei Chemikalienfreisetzungen, Zivilschutz-Forschung, Neue Folge Band 32, Bundesamt für Zivilschutz, Bonn.

Prendke, W.-D. Schröder, H., (2005). Lexikon der Feuerwehr. Kohlhammer Verlag, Stuttgart, 3. Aufl.

Sieber, G.M, (1986) Panik. vfd-Zeitschrift Forschung und Technik im Brandschutz 2, s. 39-41

Ploog, D., Clausen, L. (1997). Katastrophenmedizin. Leitfaden für die ärztliche Versorgung im Katastrophenfall. Bundesamt für Zivilschutz (Hrsg.), 4. überarbeitete Auflage, Bonn.

Öcal, A. Çakır U. Özelmacı Ş. (2016), İlkokul ve Ortaokul Ders Programlarında Afetler Korunma ve Güvenli Yaşam Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi (ALEG) Cilt 2, Sayı 2, s.71-83.

Schäfer, C.; Künzer, L.; Zinke, R., (2013). Integration und Modellierung von menschlichen Faktoren für die Evakuierung von U-Bahn-Systemen, Universitaet Paderborn.

Raphael, B. 2005: Crowds and Other Collectives: Complexities of Human Behaviors in Mass Emergencies. Psychiatry, 68, (2), 115-120.

Kelley, H. H, Condry, J. C. Jr., Dahlke, A. E & Hill, A. H., 1965. Collective behavior in a simulated panic situation. Journal of Experimental Social Psychology 1, 20–54.

Predtechenskii V. M., Milinskii A. I., 1978. Planning for Foot Traffic Flow in Buildings, Amerind Publishing, Co. Pvt. Ltd., New Delhi.

Kendik E., 1983. Determination of the Evacuation Time Pertinent to the Projected Area Factor in the Event of Total Evacuation of High-Rise Office Buildings via Staircases, Fire Safety Journal, 5, 112–232.

Thompson P, Marchant E. 1995’a. A Computer Model for the Evacuation of Large Building Population, Fire Safety Journal, 24, 131–148.

Ando K., Ota H., Oki T., 1988. Forecasting the Flow of People, RRR, Railway Res Review, 45, 8–14.

Shi L., Xie Q., Cheng X., Chen L., Zhou Y., Zhang R., 2009. Developing a database for emergency evacuation model, Building and Environment, 44, 1724–1729.